

## LA CUBIERTA PLANA. INFLUENCIA DEL AISLAMIENTO TERMICO SOBRE LA TEMPERATURA DE LA MEMBRANA

Antonio Ruiz Duerto

Dr. Arquitecto, y

Rafael Bernabé

Ayte. Diplomado de Investigación

IETcc

841-26



*Entrega del accésit por el Secretario de ANI, don Francisco Ruiz Caballero.*

*La reseña de este premio se publicó en el número anterior de esta revista.*

### Antecedentes

Los soportes para impermeabilización tienen una influencia importante en el comportamiento de las membranas de impermeabilización, independientemente del comportamiento global de la cubierta como conjunto.

Uno de los grandes agentes ambientales que más pueden afectar a la membrana es la temperatura. Esta produce dos fenómenos de naturaleza distinta: uno el del movimiento del propio soporte y otro el del envejecimiento.

Generalmente se exige para un revestimiento impermeable una resistencia sin deterioro frente a temperaturas que pueden variar desde los  $-20^{\circ}$  a los  $80^{\circ}\text{C}$  (sobre cuerpo negro) y variaciones bruscas del orden de los  $60^{\circ}\text{C}$ .

También es preciso tener en cuenta el efecto de la temperatura sobre el soporte de la impermeabilización y sus consecuencias sobre la membrana así como la influencia de la protección sobre la temperatura máxima alcanzable en aquélla. Sin embargo, estas consideraciones no tienen en cuenta la admitancia térmica del soporte a la hora de evaluar las temperaturas que la membrana puede alcanzar, con lo que se está siempre del lado de la seguridad por ser el caso más desfavorable para aquélla.

Los deterioros que se manifiestan en membrana y soporte de la cubierta plana suelen ser los siguientes:

a) para la membrana:

- retracción debida a pérdida de materias volátiles, migración de plastificantes, relajación de tensiones, etcétera,
- pliegues, arrugas, abolsamientos, etcétera,
- delaminación y pérdida de adherencia;

b) para el soporte:

- fisuración por movimientos térmicos,
- pérdidas de cohesión por fatiga,
- fragilidad,
- retracción.

La crisis del petróleo y en consecuencia las vigentes exigencias de ahorro de energía plasmadas en el R.D. 2429/79 ha dado lugar en el campo de la cubierta a soluciones en las que la membrana impermeable se aplica directamente sobre soportes aislantes (espumas de poliuretano, de poliestireno, paneles de perlita, lanas minerales, etc.). Esta solución propia de países fríos se utiliza en el nuestro por razones de economía de ejecución, ya que en muchos casos de clima cálido resultaría más eficaz el disponer entre la capa impermeable y el aislamiento un espacio o cámara ventilada (solución de pared caliente).

La colocación de la membrana impermeable directamente sobre el aislamiento produce una concentración de calor en la propia membrana con los efectos antes mencionados.

## Objeto del trabajo

El objeto de este trabajo es un mejor conocimiento de la influencia de la temperatura sobre la membrana impermeable de una cubierta plana en función de la existencia o no de aislamiento térmico, de la posición de este respecto a la membrana y del tipo de protección.

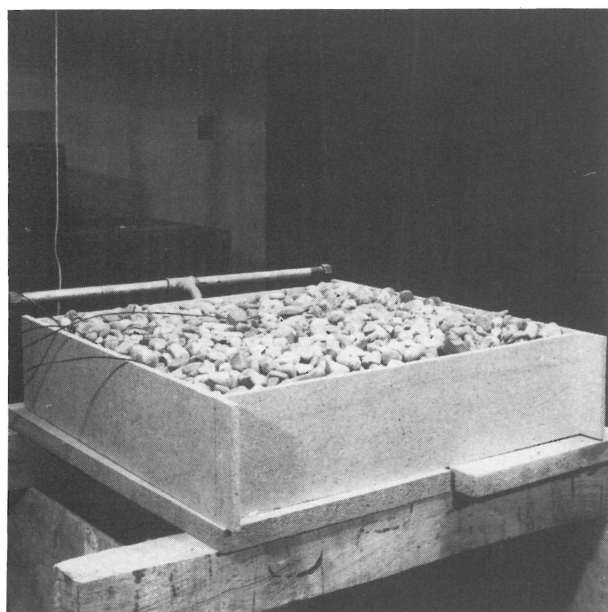
## Fase experimental

A estos efectos se ha realizado un pequeño programa experimental sobre banco de ensayo (maqueta) para diferentes sistemas.

## Sistemas

Los sistemas estudiados han sido los siguientes:

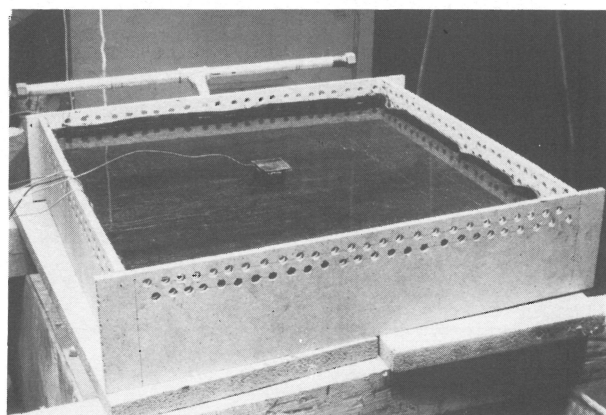
**Sistema 1:** Impermeabilización flotante con membrana aplicada directamente sobre soporte tradicional de hormigón y protección pesada. (Fig. 1).



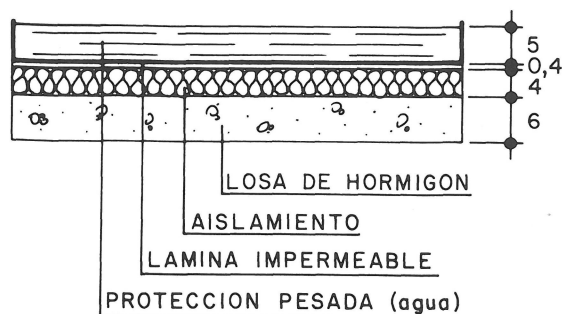
**Sistema 2:** Impermeabilización flotante sobre soporte aislante y protección pesada. (Fig. 2).



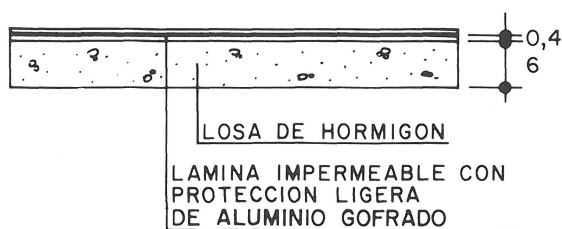
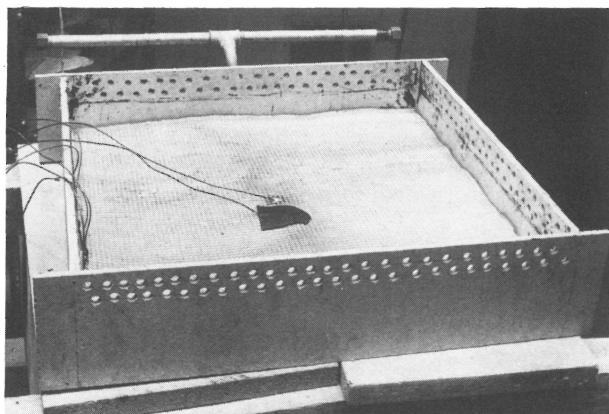
**Sistema 3:** Impermeabilización flotante sobre soporte tradicional de hormigón y protección pesada con lámina de agua. (Fig. 3).



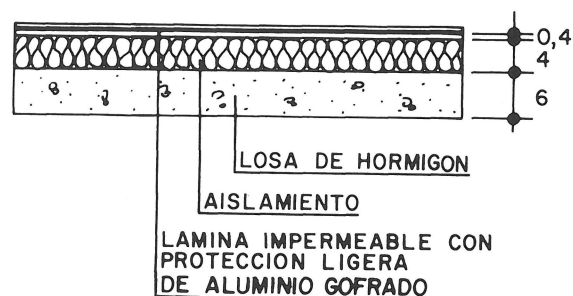
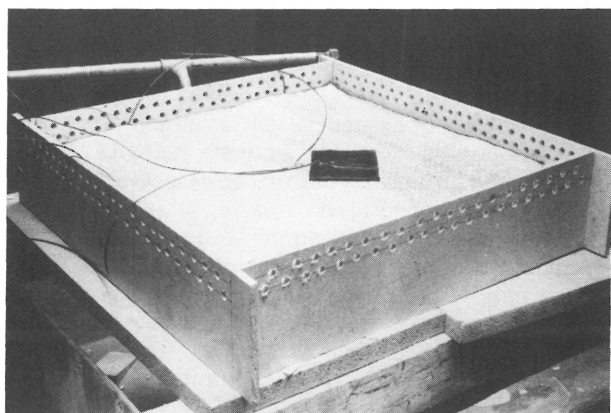
**Sistema 4:** Impermeabilización flotante sobre soporte aislante y protección pesada con lámina de agua (Fig. 4).



**Sistema 5:** Impermeabilización sobre soporte tradicional de hormigón y protección ligera de aluminio gofrado (sin envejecer y envejecida). (Fig. 5).



**Sistema 6:** Impermeabilización sobre soporte aislante y protección ligera de aluminio gofrado (sin envejecer y envejecida). (Fig. 6).



**Sistema 7:** Impermeabilización flotante sobre soporte tradicional con aislamiento superior y protección de grava suelta. (Cubierta invertida).



## Características de la maqueta para ensayo

La maqueta para ensayo ha estado constituida por una base de hormigón compacto de 60 x 60 x 6 cm con una resistencia característica de 225 kp/cm<sup>2</sup> rodeada con un bastidor de tablero de partículas para contención del aislamiento y de las protecciones.

Como aislamiento térmico se ha utilizado una placa de 4 cm de espesor de poliestireno expandido de 20 kg/m<sup>3</sup>; de densidad (\*).

Como membranas impermeables se han utilizado:

- para los ensayos con protecciones pesadas, una lámina de oxiasfalto-polietileno de 4 mm de espesor;
- para los ensayos con protección ligera la misma lámina anterior más una autoprotección de aluminio gofrado de 0,1 mm de espesor.

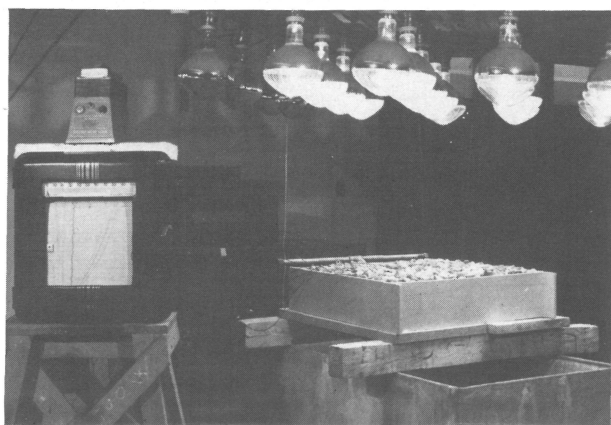
Como protección pesada se ha utilizado una capa de grava de canto rodado de  $\varnothing$  38 mm y 5 cm de espesor.

(\*) Sólo a efecto del presente estudio es válido el empleo de poliestireno expandido en cubierta invertida. En la práctica, para este tipo de cubierta debe utilizarse siempre como aislamiento térmico el poliestireno extruido.

## Descripción del ensayo

Cada uno de los sistemas antes mencionados ha sido sometido a un ensayo de radiación mediante un panel dotado de 18 lámparas incandescentes de 500 W cada una, con altura regulable a fin de poder aplicar en la cara superior de la maqueta una temperatura de 80 °C sobre cuerpo negro.

Para medición y registro de temperaturas se han utilizado termopares de cobre-constantan y un registrador SPEEDOMAX tarado previamente con un PHILIPS OT-105201 (Ver Fig. 8).



Los termopares se dispusieron de la siguiente forma:

- un termopar de ambiente,
- un termopar sobre cuerpo negro en la superficie de la protección y en el centro de la maqueta (1),
- un termopar sobre la superficie de la protección también centrado en la maqueta,
- cuatro termopares entre membranas y soporte (2),

La duración máxima de los ensayos ha oscilado entre 4 y 6 horas función del período de preestabilización y del de soleamiento con mayor intensidad (11 h - 17 h).

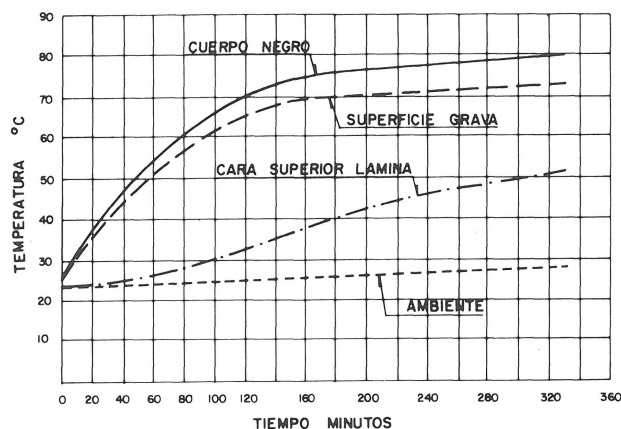
## Resultados de los ensayos

Los resultados de los ensayos se registran en los siguientes gráficos:

(1) La velocidad de ascenso de la temperatura de referencia sobre cuerpo negro viene influida por la base sobre la que descansa dicho cuerpo.

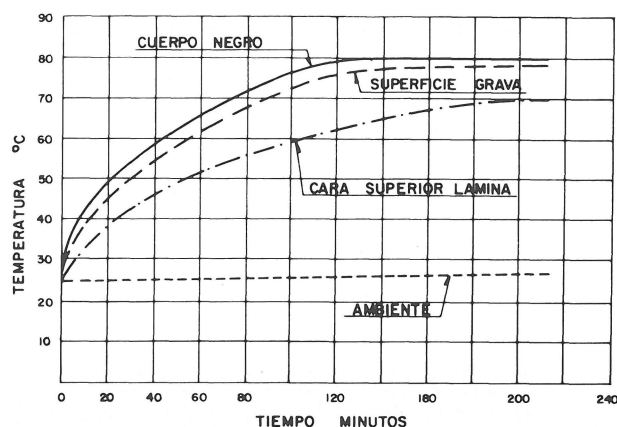
(2) En el caso de protección ligera de aluminio se colocó un termopar entre la membrana y la lámina de aluminio gofrado.

Gráfico 1.—Sistema 1: Protección pesada de grava sin aislamiento térmico.



- La temperatura de la grava puede quedar (en función del color) aproximadamente de 8-10 °C por debajo de la temperatura patrón de 80 °C sobre cuerpo negro manteniéndose esta diferencia a partir de las 4 horas.
- En la evolución de la temperatura de la lámina se aprecia un retardo en su aumento de temperatura debido a la inercia de la protección pesada.
- Al cabo de 5 h la temperatura de la lámina se mantiene unos 30 °C aproximadamente por debajo de la temperatura del cuerpo negro.

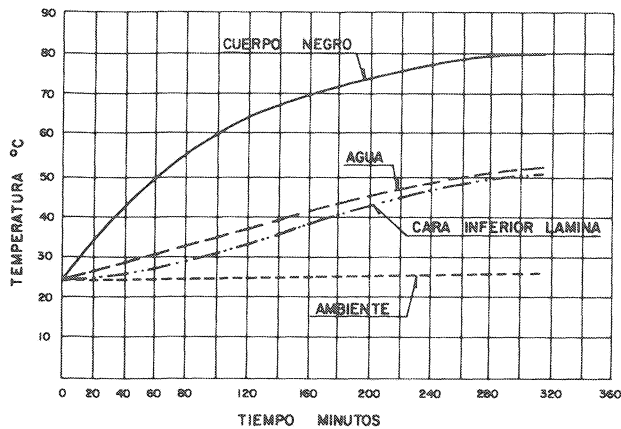
Gráfico 2.—Sistema 2: Protección pesada de grava con aislamiento térmico.



En este caso la existencia del aislamiento térmico bajo la lámina hace que aumente tanto la temperatura de ésta como la de la grava respecto al caso anterior. Por otra parte, se aprecia una mayor velocidad en el aumento de las temperaturas. La lámina alcanza al cabo de los 55 a 60 minutos la misma temperatura que en el caso anterior se alcanza al cabo de 5 horas. En este caso, la diferencia entre la temperatura del cuerpo negro y la temperatura de la lámina es del orden de 10 °C transcurridas 3 horas.

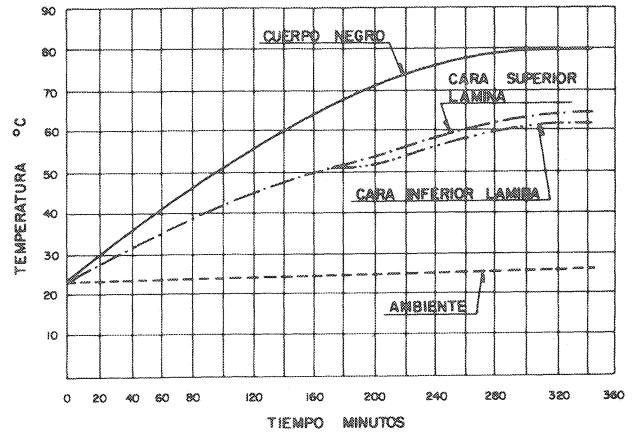


Gráfico 3.—Sistema 3: Protección pesada de agua sin aislamiento.



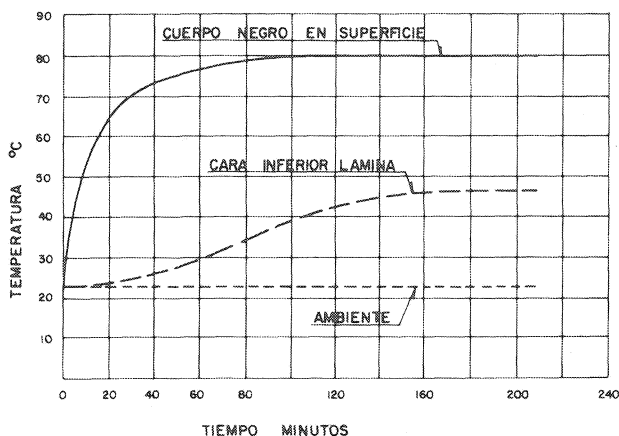
Se aprecia un retardo en la variación de la temperatura de la membrana gracias a la inercia térmica de la protección de agua. Al cabo de las 5 horas aproximadamente la temperatura del agua y de la membrana prácticamente se igualan manteniendo una diferencia de 30 °C con respecto a la temperatura del cuerpo negro dispuesto en la superficie.

Gráfico 5.—Sistema 5: Protección ligera sin envejecer y sin aislamiento térmico.



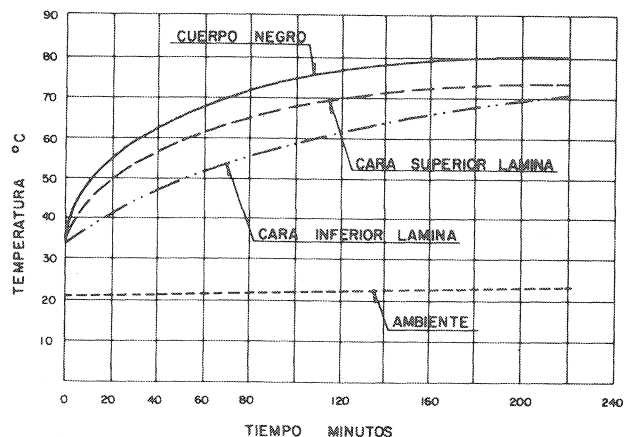
En este caso la temperatura de la lámina al cabo de las 5 horas tiende a estabilizarse entre 15 y 20 °C por debajo de la temperatura del cuerpo negro.

Gráfico 4.—Sistema 4: Protección pesada de agua con aislamiento térmico.



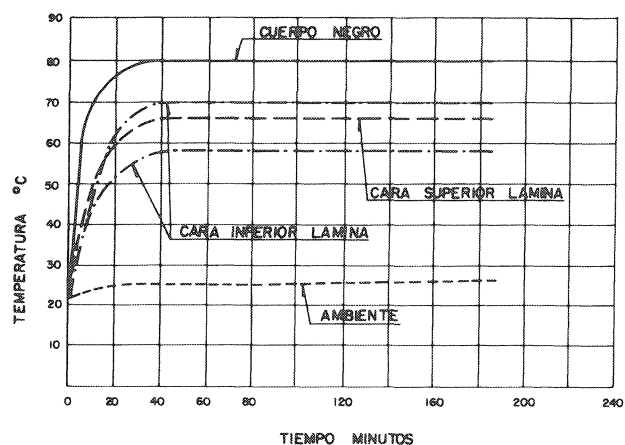
En este caso se produce por un lado un retardo en la subida de temperatura de la lámina, del mismo tipo que en el caso anterior y, por otro, el aislamiento mejora ligeramente las condiciones de temperatura de la lámina y se estabiliza a partir de las 3 h aproximadamente, mientras que en el gráfico anterior continúa aumentando.

Gráfico 5'.—Sistema 5: Protección ligera envejecida sin aislamiento térmico.



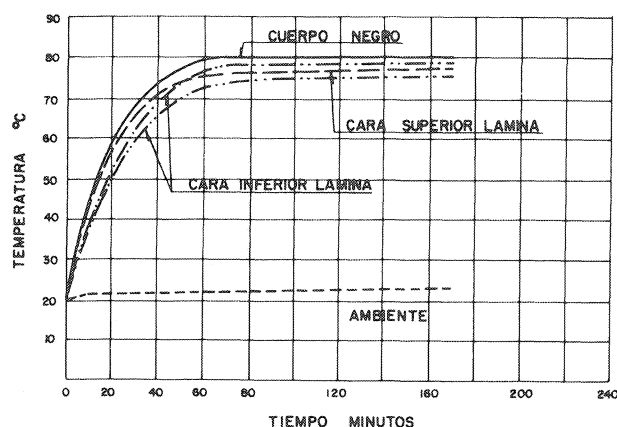
El envejecimiento de la protección hace, por un lado, que la temperatura en la lámina aumente más rápidamente que en el caso anterior y, por otro, que la diferencia entre la temperatura de la lámina y la de cuerpo negro al cabo de 3 horas y media sea sólo de 10 °C en vez de los 20 °C del caso anterior a igualdad de tiempo.

Gráfico 6.—Sistema 6: Protección ligera sin envejecer, sobre aislamiento térmico.



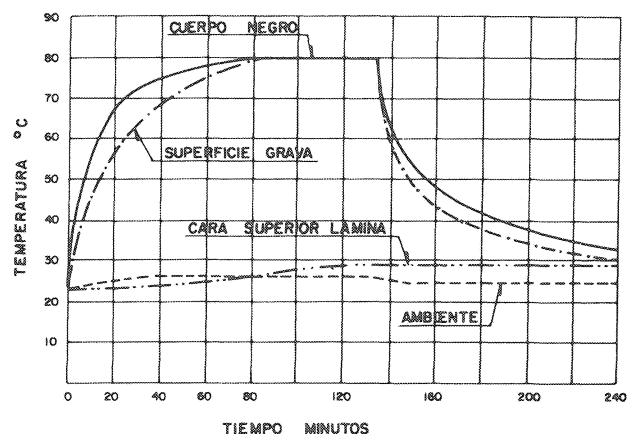
El aislamiento térmico hace que la temperatura de la lámina suba rápidamente y luego se estabilice manteniéndose constante unos 15 °C por debajo de la temperatura del cuerpo negro.

Gráfico 6'.—Sistema 6': Protección ligera envejecida con aislamiento térmico.



Por un lado el envejecimiento de la protección y por otro la existencia de aislamiento hacen que la diferencia entre la temperatura de la lámina y la del cuerpo negro a 80 °C sea solamente de 5 °C inferior.

Gráfico 7.—Sistema 7: Cubierta invertida.



La temperatura de la protección sube rápidamente por efecto de la presencia del aislamiento debajo de la protección, sin embargo, este aislamiento hace que la temperatura de la lámina ni siquiera alcance los 30 °C, con lo cual se consigue una diferencia de temperatura con el cuerpo negro exterior de 50 °C.

## Conclusiones

Las conclusiones más importantes que de este trabajo caben deducir desde el punto de vista exclusivo de las condiciones de temperatura que se pueden presentar en una membrana impermeable en servicio, en función de los diferentes sistemas considerados, y habida cuenta, como se ha indicado, de la influencia que aquella tiene en la durabilidad de la membrana son las siguientes:

1. En cubiertas planas con protección pesada de grava suelta, resulta preferible la solución de aplicar la membrana directamente sobre un soporte de elevada admitancia como hormigón o mortero, que de muy baja admitancia, como la de los materiales aislantes del tipo espuma o similar.
2. Si como protección pesada se utiliza una capa de agua (cubierta estancada), resulta en cierta medida preferible a efectos de la temperatura de la membrana utilizar como soporte de ésta un aislamiento térmico. En ambos casos la temperatura máxima de la membrana oscila alrededor de los 50 °C pero se alcanza mucho antes en ésta cuando el soporte es aislante. Esto supone que es mayor el tiempo que dicha temperatura se mantiene en la membrana aun siendo aquella de 5-7 °C inferior a cuando no existe soporte aislante.

3. La protección de grava resulta más efectiva que la protección ligera de aluminio, tanto en lo que respecta a la temperatura de la membrana como en lo que respecta al retardo, cuando no existe aislamiento térmico por debajo de ésta. Cuando existe aislamiento la temperatura máxima de la membrana, al cabo de unas cuatro horas, es la misma aproximadamente en la cubierta con protección pesada de grava que en la cubierta con protección ligera de aluminio sin envejecer. No obstante, el ascenso de temperatura en la membrana es más rápido en este último caso.
4. El envejecimiento de la protección ligera de aluminio tiene una gran influencia en la temperatura de la membrana. Esta situación se agrava notablemente cuando existe aislamiento térmico bajo la misma, pudiendo alcanzar ésta los 75 °C. Ello obliga a dudar de la efectividad de la protección ligera de aluminio cuando hay riesgo de envejecimiento (atmósferas con fuerte polución o agresivas).
5. En la cubierta con protección ligera de aluminio es más importante, a efectos de la temperatura de la membrana, el hecho de que la superficie del aluminio se conserve reflectante que el que haya aislamiento térmico bajo la membrana.
6. Las condiciones de temperatura más desfavorables para la membrana, de los casos estudiados, se dan cuando bajo ésta existe aislamiento térmico y la protección ligera de aluminio pierde sus propiedades reflectantes.
7. Las condiciones de temperatura más favorables para la membrana, de los casos estudiados, se dan con la solución de cubierta invertida. En este caso la temperatura de la membrana se conserva por debajo de los 30 °C.

#### N. de la R.

En el n.º 342 de esta Revista, en el artículo de Investigación titulado «Morteros cola», Apartado 5, por error se omitió insertar el gráfico adjunto a esta nota.

Los comentarios marginales al tema desarrollado, incluidos

en el texto original como notas a pie de página, por dificultades de composición, han sido intercalados en letra cursiva en el texto impreso, advirtiéndose un error en la inserción de la primera nota incluida en el Apartado 7,3 cuyo lugar correcto sería al final del apartado anterior.

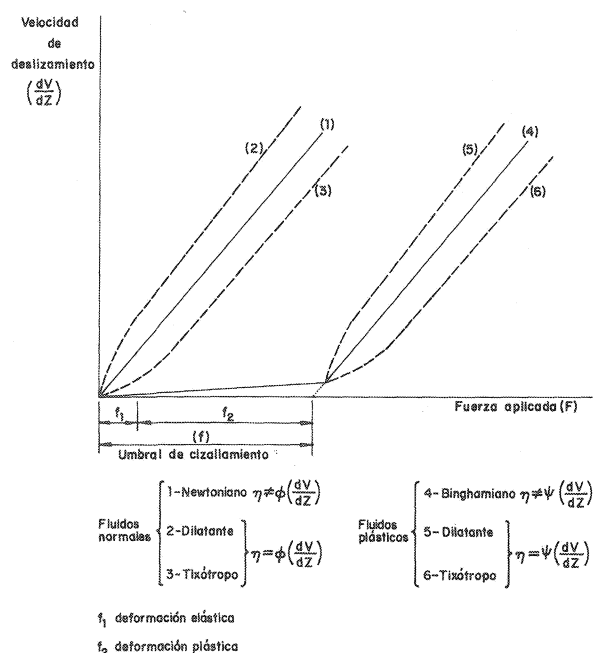


Fig.1 Diagramas reológicos